

## Les quatre concepts de l'informatique

## Comment répondre à la question :

« Qu'est-ce que l'informatique ? »

« L'informatique c'est ... »

« En informatique il y a ... »

# En informatique il y a les concepts

d'algorithmes

de machines

de langages

d'informations

## I. Algorithme

## Le plus vieux des quatre

Quatre opérations, prêts, d'héritages... aires de surfaces agricoles

Commun avec les mathématiques : algorithme d'Euclide, pivot de Gauss...

Antérieur à l'informatique, mais aussi aux mathématiques

Une recette qui permet de résoudre un certain problème de manière systématique

Exemple : la recette de la tarte aux pommes

# La recette et le texte de la recette

Algorithme et programme

# Quand deux algorithmes sont-ils égaux ?

Un problème non encore complètement résolu

Même texte : même algorithme

Problèmes résolus différents : algorithmes différents

Entre les deux : ?

Même problème résolu, mais complexités différentes : algorithmes différents

Mais encore trop grossier : plusieurs algorithmes de tri de même complexité



## Quand deux algorithmes sont-ils égaux ?

Deux cuisiniers utilisent la même recette de la tarte aux pommes si **quand on les regarde de l'extérieur**, ils font les mêmes actions

Deux algorithmes sont égaux quand ils ont le même ensemble de traces

6, 8, 2, 4  $\longrightarrow$  2, 8, 6, 4  $\longrightarrow$  2, 4, 6, 8

6, 8, 4, 2  $\longrightarrow$  2, 8, 4, 6  $\longrightarrow$  2, 4, 8, 6  $\longrightarrow$  2, 4, 6, 8

...

Le tri par insertion a un ensemble de traces différent

**Un algorithme = un ensemble de traces**

# Une idée répandue mais fausse

Un algorithme est toujours déterministe

Une vision trop restrictive

Une part d'**aléa** est parfois nécessaire

Exemple : le rappel, l'élection d'un leader

Le succès d'IP

## Une idée discutée

Un algorithme opère toujours sur des données symboliques

Une vision trop restrictive

La recette de la tarte aux pommes : œufs, farine...

## II. Machine

# Du concept d'algorithme à celui de machine

Pendant 5000 ans : algorithmes exécutés à la main

Exécution mécanique

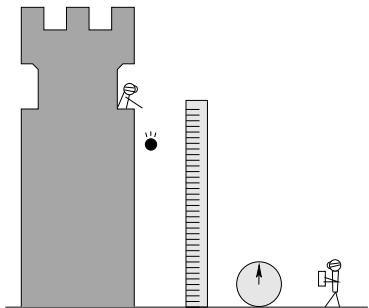
De mécanique à mécanique : outil (bouliers, échiquiers, machines mécaniques... ordinateurs)

# La diversité des machines

Machine : système physique quelconque muni d'un protocole

Ordinateurs, réseaux, téléphones, appareils photo...

Informatique quantique, bio-inspirée...



# Les machines et les lois de la physique

Un système physique : qui obéit aux lois de la physique

Limite la puissance des machines

L'information a une vitesse de transmission bornée

L'information a une densité bornée

La loi de Landauer

Calcul réversible

$$n, p \mapsto n + p$$

$$n, p \mapsto n + p, n - p$$



# Un type de machines : les réseaux

Une machine très étendue dans l'espace

Gérer son extension spatiale est sa principale activité

Opposition calcul parallèle / réparti

# Les ordinateurs

Machines aux multiples fonctions

Machines paramétrables (cartes de l'orgue de Barbarie)

Machines paramétrables universelles (pour les algorithmes opérant sur des données symboliques)

# Le parallélisme synchrone / asynchrone

Les machines universelles ne signent pas la fin de l'histoire

Grouper des machines pour calculer plus vite

Synchrone / asynchrone

# Les systèmes embarqués

Les machines universelles ne signent pas la fin de l'histoire

Les systèmes embarqués

### III. Langage

## Du concept de machine paramétrable à celui de langage

La recette de la tarte aux pommes : transmise de génération en génération par l'observation : pas d'écriture (ni de verbalisation)

La transformation de l'ARN en protéine : un algorithme qui s'exécute dans nos cellules sans avoir jamais été écrit

Mais pour communiquer un algorithme : l'écrire (ou au moins le verbaliser) : un **programme**

# Langage formel et langue naturelle

Impossible de décrire les algorithmes dans une langue naturelle  
Nous ne savons pas fabriquer la machine (saurons-nous? ...  
langage algébrique)

Démarcation langue / langage :

une langue : les grammairiens viennent après les locuteurs (pour décrire)

un langage : ils viennent avant (pour prescrire)

# Au delà des langages de programmation

Langages de requêtes, langages de spécifications, langages de preuves...

Langage des partitions, langage des adresses, langage de prescription des lunettes

Langages des nombres, langages mathématiques, langages de la logique...

L'informatique continuation de la logique formelle



## IV. Information

La recette de la tarte aux pommes opère sur des œufs, de la farine...

Mais beaucoup d'algorithmes opèrent sur des **données symboliques**

Par exemple, des textes, des nombres entiers, des suites finies de nombres entiers...

L'universalité de l'ordinateur : pour les algorithmes **symboliques**

Données représentées comme des suites finies de symboles pris dans un ensemble fini : un mot dans un alphabet fini

# Comment représenter une image comme une suite de symboles dans un alphabet fini ?

Superposition avec une grille

Pour chaque carré : une couleur dominante : noir ou blanc

On écrit la valeur des carrés de gauche à droite et de bas en haut :  
blanc, blanc, noir, blanc...

Numérisation (quoique pas de nombres)

# Chiffrer, compresser

Un même algorithme pour chiffrer toutes les données

Un même algorithme pour compresser toutes les données

Suite de 0 et de 1

remplacer 00 par  $a$ , 01 par  $b$ , 10 par  $c$ , 11 par  $d$   
(deux fois plus court, mais 4 lettres)

Si  $a$  fréquents mais  $b$  et  $d$  rares  
remplacer  $a$  par 0,  $c$  par 10,  $b$  par 110 et  $d$  par 111

Une suite plus courte que la suite initiale, à partir de laquelle on peut retrouver la suite initiale

La suite 00000000000000000000 contient peu d'information  
Kolmogorov : plus court programme qui engendre la suite

# L'origine physique de la notion d'information

Un nouvel amphi à l'université, comment l'appelle-t-on ?  
Turing ou Shannon ?

Deux visions de l'informatique ?

Symbolique / analogique (rupture ou non)

Deux visions de l'erreur (corrigeable ou non)

Shannon une vision davantage héritée de la physique que des mathématiques

la notion d'information est la seule à avoir une unité

# Des données aux bases de données

Transformer l'information par des algorithmes

Dans bien des cas simplement la stocker (base de données) et la transmettre (réseaux)

Mais pour retrouver l'information : à nouveaux des algorithmes

## V. La pensée informatique



## Les interactions avec les autres sciences

- ▶ description algorithmique des phénomènes naturels  
(synthèse des protéines)
- ▶ conception de langages pour décrire les phénomènes  
(grammaire des grammaires)
- ▶ tout concevoir comme un flux d'information  
(Peut-on stocker une quantité infinie d'information dans un volume fini ?)
- ▶ instrumentation scientifique  
(15 Po pour un boson)

## VI. La singularité de l'informatique

## Au début du XX<sup>e</sup> siècle

- ▶ un mathématicien, un comptable,
- ▶ un physicien, un fabricant de métiers à tisser,
- ▶ un grammairien, un traducteur de textes anciens,
- ▶ un agent du chiffre et un archiviste

coincés dans un ascenseur

Qu'ont-ils à se dire ?

Rien